第 40 卷 第 4 期 昆虫学报 Vol. 40, No. 4
1997 年 11 月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA Nov., 1997

陕西长安及汉中两地中华稻蝗的比较*

王海川 王青川** 刘志斌 郑哲民
(陕西师范大学动物研究所 数学系** 西安 710062)

摘要 通过对采自陕西长安及汉中地区的中华稻蝗 *Oxya chinensis* (Thunberg) 之 11 个数量性状进行了多元分析。在主成分分析的第 1、2 主轴所构成的平面上，生活在两个地区的稻蝗个体被明显分成两个集团。此外，两地稻蝗在卵囊平均含卵量、卵粒大小及有效积温等生物学特性上均有显著的差异，这意味着长期的地理阻隔（秦岭山脉）致使两地的稻蝗演化成两个地理宗。由于使用传统的形态方法无法准确区分这两个地区的稻蝗，我们为这两个居群的雌性和雄性成虫分别建立了线性判别函数，以便为今后进一步的小进化研究奠定一个基础。V（雌性）$=-11.67+195.44H+1.91E/F+8.663MX+22.80F/C+0.34P-3.50MZ-102.76H/C-42.51F$；$V$（雄性）$=-17.06+30.183MZ+4.313F$，这里，当 V（雌性或雄性）<0 时，个体属于长安县的居群，否则，属于汉中的居群。

关键词 中华稻蝗，居群比较，多元分析

中华稻蝗 *Oxya chinensis* (Thunberg) (Orthoptera: Acridoidea Catantopidae) 的生境与水有着极为密切的联系，集中分布于我国南北稻区及河滩洼地，而在较为干旱的地区便不能生存和繁殖

在 1994 至 1995 年的野外调查和实验工作中，发现发生于陕西长安县和汉中两个地区的中华稻蝗在许多生物学特性均有显著的差异。考虑到该种的嗜水性以及无远距离迁飞能力的特性，我们提出一个假说：由于秦岭山脉的阻隔，长安和汉中两地的中华稻蝗长期不能或极少发生基因的交流，致使分别演化成 2 个地理宗或居群。为了论证这一假说，我们对这两个地区中华稻蝗的数量形态特征进行了多元分析，对卵囊含卵量、卵粒大小、胚胎发育耗氧率、发育起点温度做了比较研究，并依据数量形态特征为分别两地雌、雄建立了判别式函数，现将结果报告如下。

1 材料和方法

1.1 标本及原始数据来源

材料为 1994 年 9 至 10 月采自陕西长安县及汉中市郊区稻田，卵囊共 128 枚，成虫共计60号，其中雌性30个，雄性30个（表 1）。

表 1 标本来源和数量

代号	采集地	标本个数 ♀	标本个数 ♂	卵囊数
h	汉中	15	15	58
a	长安县	15	15	70

* 陕西省自然科学基础研究项目基金资助
1995-07-13 收稿，1996-01-30 收修改稿

数量特征的选取依据 Dirsh V. M. 1953 年所定的标准[1]，并根据蝗虫数量分析常用指标[2,3]增加了三项比值，共计 11 个指标，它们分别是：复眼间距（V），头部最宽距（C），前胸背板长度（P），前胸背板高度（H），前胸背板最宽距（MX），前胸背板沟后区长度（MZ），前翅长（E），后足股节长（F），以及 H/C，E/F 和 F/C。测量用具为游标卡尺，测量精度为 0.01 mm。雌雄数据分列两表，由此获得多元分析的原始数据。

1.2 多元分析

主成分分析：运算步骤在许多多元分析书中[4,5]都有详细介绍，在此不再赘述。在逐步判别式分析中，如果有较多的性状变量，这样建立的判别函数可能不稳定，判别效果也差，这时从大量性状中筛选出若干必要的、最好组合的几个性状建立判别函数的逐步判别方法便是较好的选择。

这里所采用的为两类间的线性逐步判别，其基础为 Fisher 的线性判别方法，逐步判别依据的准则是 Mahalanobis 距离，以下简称马氏 D_2，具体运算步骤如下：在第 q 步，从第 $q-1$ 步未被挑选的变量中找出使 D_2 最大的变量。$D_2(q) = (y_1-y_2)'T(q)^{-1}(y_1-y_2)$，这里 y_1 和 y_2 分别是两类的中心，$T(q)$ 是 q 个（被选出）变量的协方差子阵。

对个体 x 的分类所依据的马氏距离按该个体与每组中心的距离计算，公式为：

$d(x, y) = (x-y)'T^{-1}(x-y)$，$T^{-1}$是最终所筛选变量的协方差逆矩阵．$x$ 归入使 $d(x, y)$ 最小的那一类。

由于这里仅涉及两个组，所以只有一个判别函数。实际上，当满足以下条件时 x 归入第一类：$d(x, y_1) < d(x, y_2)$ 或 $d(x, y_1) - d(x, y_2) < 0$

设线性判别函数为： $V=\sum_{i=1}^{m} V_i X_i$ 其中 m 是性状变量的个数，V_i 是系数。

记第 i 个性状变量第一类平均为： $\overline{X}_{i1}=l/n_1\sum_{k=1}^{n_1} X_{i1k}$ 其中 n_1 为第一类样本数。

记第 i 个性状变量第二类平均为： $\overline{X}_{i2}=l/n_2\sum_{k=1}^{n_2} X_{i2k}$ 其中 n_2 为第二类样本数。

第一类判别函数平均值记为： $\overline{Y}_1=\sum_{i=1}^{m} V_i \overline{X}_{i1}$

第二类判别函数平均值记为： $\overline{Y}_2=\sum_{i=1}^{m} V_i \overline{X}_{i2}$

判别任意一个新个体属于那一类的方法：我们取 $\overline{Y}_1$ 和 $\overline{Y}_2$ 这两个数的加权平均值作为判别指标，即 $Y_e = (n_1\overline{Y}_1 + n_2\overline{Y}_2) / (n_1+n_2)$。1）当 $\overline{Y}_1 > Y_e$ 时，若 $Y > Y_e$，则判定该个体属于第一类；若 $Y < Y_e$，则判定该个体属于第二类；2）当 $\overline{Y}_1 < Y_e$ 时，若 $Y > Y_e$，则判定该个体属于第二类；若 $Y < Y_e$，则判定该个体属于第一类[6]。

多元分析所用的程序为 ADDAD V.85 软件包，方差分析和 t 检验由 MINITAB V7.0 软件包实现。

2 结果与讨论

2.1 成虫数量性状上的差异

雌性数矩阵的前3个主成分之贡献率分别为：39.17%、17.4%和13.3%。在前两个主成分所构成的平面上对样本及性状向量进行排序（图1），由图1可直观地看出：沿着第一主轴的方向，雌性个体明显分成2个完全分离的集团，左侧的是汉中的个体，右侧的是长安的个体。所有测量性状均朝着长安集团呈增长趋势。前3个主成份的因子负载量见表2。对雄性数矩阵的主成分分析也得到了极为类似的结果（除E/F沿汉中方向变化外）。主成分分析在综合了11个数量性状的基础上，定性地反映出两地中华稻蝗存在有差异，并说明长安样本各数量性状的增大（或汉中个体各数量性状的变小）是造成这一差异的原因。

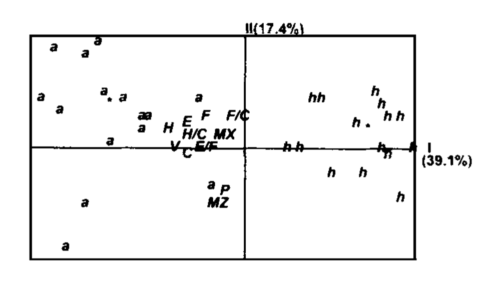


图1 雌性个体在二维平面上的样本点及性状向量图

* 代表样本的中心，其它见图例见标本及数据来源

表2 前3个主成分对11个性状的因子负载量表

性状	第1主成分	第2主成分	第3主成分
C	0.51	0.00	0.15
V	0.70	0.00	0.03
P	0.09	0.75	0.02
MZ	0.27	0.63	0.02
H	0.83	0.01	0.00
E	0.56	0.01	0.31
F	0.52	0.14	0.18
MX	0.10	0.03	0.03
F/C	0.01	0.32	0.01
H/C	0.42	0.01	0.04
E/F	0.28	0.00	0.66

2.2 其它生物学方面的差异

长安、汉中两地中华稻蝗样本的差异并不只限于数量形态特征，还表现在卵囊含卵量、卵粒大小、胚胎发育耗氧曲线以及发育起点温度和有效积温等方面，现在分别简述如下：

卵囊含卵量：长安稻蝗卵囊平均含卵量为44.50粒，汉中的仅为33.80粒，经*t*-检验，两地卵囊含卵量差异极显著[$t(25)=3.31>t_{0.01(双)}(25)=2.79$]。

卵粒大小：长安样本的卵不论从宽度还是长度上均明显大于汉中样本的卵。长安：卵的平均长度为4.46 mm，卵的平均宽度为1.39 mm；汉中卵长：3.84 mm，卵宽：1.16 mm。*t*-检验表明，两地卵的长宽差异均极为显著（其中两地卵粒长度的*t*-检验：

$t(25)=21.65>t_{0.01(双)}(25)=2.79$；宽度的*t*-检验：$t(25)=19.753，31>t_{0.01(双)}(25)=2.79$）。

胚胎发育耗氧率：两地样本的耗氧率曲线均有两个峰和两个谷，反应出种内具有一定的稳定性和特异性。但汉中样品的第一个峰持续时间较短，长安样品的第一峰持续时间较长；长安和室内样品第一个谷出现较晚，在第16 d，而汉中样品第一个谷出现较早，

在第 11 d；第二个峰顶长安出现较早，汉中出现较晚，且汉中样品在到达第二峰顶前(16～20 d)有一个平台期。长安样本的平均耗氧率为 0.754 7 mL/卵，标准差为 0.297 6，汉中样品则为 0.571 2 mL/卵，标准差为 0.494 8。

发育起点温度和有效积温：长安的发育起点温度为 15.6℃，汉中的为 17.2℃，前者较后者低 1.6 度。而这两个地区的卵发育所需要的有效积温（长安：234 日度，汉中：238 日度）仅相差 4 个日度。

2.3 两地中华稻蝗成虫之判别函数的建立

鉴于使用常规的形态测量法难以鉴别长安、汉中两地的中华稻蝗，我们分别对雌雄数量矩阵进行了逐步判别分析，目的在于筛选两地中华稻蝗的主要区别特征，并建立判别函数。雌雄个体的判别函数分别是：

$$V\text{（雌性）}=-11.67+195.44H+1.91E/F+8.66MX+22.80F/C+0.34P-3.50MZ-102.76H/C-42.501F$$

$$V\text{（雄性）}=-17.06+30.18MZ+4.31F$$

对基本组分类的合格率雌性为 95%，雄性为 100%。

雌性个体的第一类判别函数平均值 $\overline{Y}_1$（雌性）＝+1.46，雌性个体的第二类判别函数平均值 $\overline{Y}_2$（雌性）＝−1.46，这里 Y_e（雌性）＝0，

对一个未知分类的雌性个体，对其判别方法是：若 V（雌性）>0，则可断定其属于长安居群；若 V（雌性）<0，则属于汉中居群。同理，通过（2）式可判断雄性的归属。

2.4 以上分析结果共同支持我们所提出的假说

由于长期的自然地理阻隔及中华稻蝗自身扩散能力的局限性，分布在陕西长安和汉中两地的中华稻蝗在数量形态特征以及许多生物学特性上都形成了明显的差异，可以被视为 2 个相对独立的地理宗或居群。如果承认两地稻蝗有共同的祖先，那么，造成这些差异的原因是什么呢？适应意义何在？此外，中华稻蝗是一个分布比较狭窄的种[7]，仅分布于前苏联的远东滨海区、朝鲜、日本（包括琉球）、越南北部及中国南至海南岛，同时，由于该种运动能力较弱而对水的依赖性又很强，在空间上形成明显的点、片、线的分布格局，当有较大的地理障碍时便不能进行基因交流，促使形成多个适应当地自然环境的地理宗，这些特性使中华稻蝗成为一个进行种下进化研究的极好材料。上述问题有待进一步的研究和探讨。

致谢　在汉中工作期间得到汉中地区农技中心吴明庆先生的大力支持，特致谢意！

参　考　文　献

1 Dirsh V M. Morphometrical studies on phases of the Desert Locusta (*Schistocerca gregaria* Forskal). Anti-Locust Bull. 1953，**16**：34

2 黄文亮．东亚飞蝗两型的形态测量比较．昆虫知识，1965，**14**（6）：603～609

3 康 乐，李鸿昌，陈永林．中国散居型飞蝗地理种群数量性状变异的分析．昆虫学报，1989，**32**（4）：418～426

4 胡国定，张润楚．多元数据分析方法．天津：南开大学出版社，1990，149～181

5 王学仁，王松桂编．实用多元统计分析．上海：上海科学出版社，1990，270～295

6 Romeder J-M. Methodes et programmes d'analyse discriminante.

7 刘举鹏著．中国蝗虫鉴定手册．陕西杨陵：天则出版社，1990，45～46

COMPARATIVE STUDY ON TWO POPULATIONS OF *OXYA CHINENSIS* (THUNBERG) IN SHAANXI PROVINCE

Wang Haichuan Wang Qingchuan* Liu Zhibin Zheng Zheming

(*Institute of Zoology, Department of Mathematics**, *Shaanxi Normal University Xian* 710062)

Abstract In the present paper, 11 morphometric characters of *Oxya chinensis* from Chang An and Han Zhong areas of Shaanxi Province were studied by means of PCA (Principal Component Analysis) and DA (Discriminate Analysis). On the plane constructed by the 1st and 2nd axis of PCA, the individuals from the two locations are separated clearly into two groups along the 1st axis. In addition, the two populations are different sighificantly in many biological aspects: the number of eggs contained in an egg-capsule, the size of eggs, the oxygen consumption rate during embryonic development, the threshold and effective accumulative temperatures of egg development. Taking the geographical barrier (the Qingling Mountain) into consideration, we suggest that the rice grasshopper has evolved into two separate geographic races in Chang An and Hang Zhong areas. Because it is difficult to identify the two populations by using the traditional morphometric methods, two discriminate functions are established for discriminating the races of female and male individuals respectively: $V(\text{female}) = -11.67 + 195.44H + 1.91E/F + 8.66MX + 22.80F/C + 0.34P - 3.50MZ - 102.76H/C - 42.51F$. $V(\text{male}) = -17.06 + 30.18MZ + 4.31F$. Here is V (female or male) <0, the individual belongs to Chang An population, otherwise, it is subordinate to Han Zhong race.

Key words *Oxya chinensis*, population comparision, multivariable analysis